

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-144655

(43)Date of publication of application : 03.06.1997

(51)Int.Cl.

F04B 37/08

F04B 37/16

(21)Application number : 07-328399

(71)Applicant : ANELVA CORP

(22)Date of filing : 21.11.1995

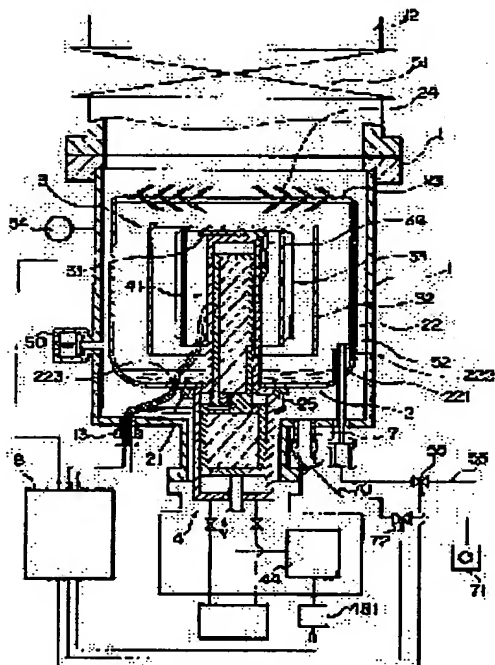
(72)Inventor : YAMAMOTO HISASHI
AOKI KAZUTOSHI

(54) REGENERATING METHOD OF CRYOPUMP, AND CRYOPUMP

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To dispense with the vacuum heat insulation between a pump vessel and a radiation shield to simplify the whole structure, and precisely judge the end of regeneration.

SOLUTION: The pressure within a pump vessel 1 and the temperature of a second cooling stage 2 are set values higher than the triple point of a material of the second kind condensed on a second cooling stage 3 to liquefy the material of the second kind on the second cooling stage 3, and the liquefied material is collected in a liquid basin used also as a radiation shield 22, which is connected to the first cooling stage 2 in such a manner as to be capable of transferring heat. The temperature change of the liquid basin is detected to judge the end of regenerating operation, and the first cooling stage 2 is cooled with the collected liquefied material through the liquid basin, thereby preventing water from being released from the first cooling stage 2 in regeneration.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

03.04.1998

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3029243

[Date of registration]

04.02.2000

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-144655

(43) 公開日 平成9年(1997)6月3日

(51) IntCl⁶

F 0 4 B 37/08
37/16

識別記号

庁内整理番号

F I

F 0 4 B 37/08
37/16

技術表示箇所

A

審査請求 未請求 請求項の数 6 F D (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願平7-328399

(22) 出願日 平成7年(1995)11月21日

(71) 出願人 000227294

アネルバ株式会社

東京都府中市四谷5丁目8番1号

(72) 発明者 山本 久

東京都府中市四谷5丁目8番1号アネルバ株式会社内

(72) 発明者 青木 一俊

東京都府中市四谷5丁目8番1号アネルバ株式会社内

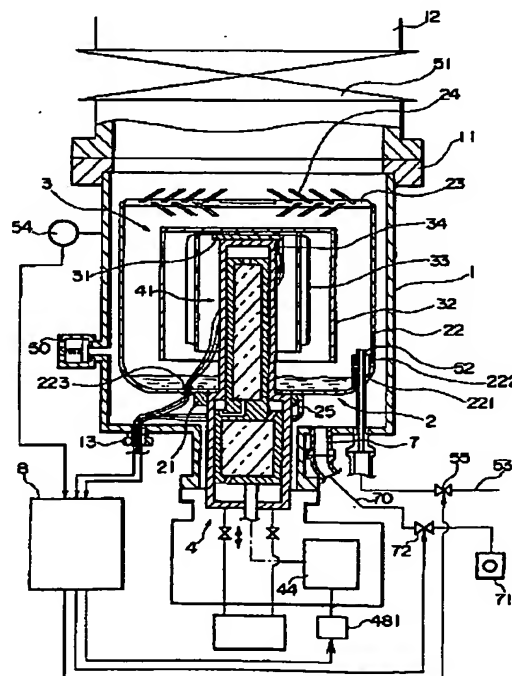
(74) 代理人 弁理士 保立 浩一

(54) 【発明の名称】 クライオポンプの再生方法及びクライオポンプ

(57) 【要約】

【目的】 ポンプ容器と輻射シールドとの間の真空断熱を不要にしてポンプ全体の構造を簡略化するとともに、再生終了を精度良く判断する。

【構成】 ポンプ容器1内の圧力及び第二冷却ステージ2の温度を、第二冷却ステージ3に凝縮された第二の種類 of 材料の三重点よりも高い値にして第二の種類 of 材料を第二冷却ステージ3上で液化させ、第一冷却ステージ2に熱伝達可能に接続された輻射シールド22を兼用する液溜め器に液化した材料を溜める。液溜め器の温度変化を検出して再生動作の終了を判断するとともに、溜められた液化材料が液溜め器を介して第一冷却ステージ2を冷却することで再生時に水等が第一冷却ステージ2から放出されないようにする。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 真空容器から飛来するガス分子を冷却ステージに凝縮又は吸着して真空容器内の圧力を下げるとともに、再生時に冷却ステージを加熱して凝縮又は吸着したガス分子を放出させて排出するクライオポンプのその再生方法であって、

第一の冷却温度まで冷却されて当該第一の冷却温度で凝縮する第一の種類の材料のガス分子を排気するための第一冷却ステージと、第一の冷却温度より低い第二の冷却温度まで冷却されて当該第二の冷却温度で凝縮する第二の種類の材料のガス分子を排気するための第二冷却ステージと、吸着によってガス分子を排気するクライオソープションパネルとを有するクライオポンプの当該第二冷却ステージの凝縮機能を再生するクライオポンプの再生方法において、

クライオポンプ内の圧力及び第二冷却ステージの温度を、第二冷却ステージに凝縮された第二の種類の材料の三重点よりも高い値にして当該凝縮された第二の種類の材料を第二冷却ステージ上で液化させ、第一冷却ステージに熱伝達可能に接続された液溜め器に上記液化した材料を溜め、溜められた材料が液溜め器を介して第一冷却ステージを冷却することで再生時に第一の種類の材料が第一冷却ステージから放出されないようにしながら、液溜め器に溜められた材料を気化させてポンプ外に排出することによって再生を行うことを特徴とするクライオポンプの再生方法。

【請求項 2】 前記第一の種類の材料は水であることを特徴とする請求項 1 記載のクライオポンプの再生方法。

【請求項 3】 前記液溜め器は、第二冷却ステージへの輻射熱を遮断する輻射シールドであることを特徴とする請求項 1 又は 2 記載のクライオポンプの再生方法。

【請求項 4】 真空容器から飛来するガス分子を冷却ステージに凝縮して真空容器内の圧力を下げるとともに、再生時に冷却ステージを加熱して凝縮したガス分子を放出させて排出することで冷却ステージの凝縮機能を再生させるクライオポンプのその再生方法において、クライオポンプ内の圧力及び冷却ステージの温度を、冷却ステージに凝縮したガス分子の材料の三重点よりも高い値にすることで、当該凝縮した材料を冷却ステージ上で液化させ、液化した材料が溜まるように配置した液溜め器の温度変化を検出するとともに、液溜め器に溜まった材料が気化して気体となったのをポンプ外に排出し、さらに当該液溜め器の温度変化の検出結果によって再生動作を終了させることを特徴とするクライオポンプの再生方法。

【請求項 5】 真空容器から飛来するガス分子を冷却ステージに凝縮又は吸着して真空容器内の圧力を下げるとともに、再生時に冷却ステージを加熱して凝縮又は吸着した材料を放出させて排出するクライオポンプであって、

2

第一の冷却温度まで冷却されて当該第一の冷却温度で凝縮する第一の種類の材料のガス分子を排気する第一冷却ステージと、第一の冷却温度より低い第二の冷却温度まで冷却されて当該第二の冷却温度で凝縮する第二の種類の材料のガス分子を排気する第二冷却ステージと、吸着によってガス分子を排気するクライオソープションパネルとを有するクライオポンプにおいて、

クライオポンプ内の圧力及び第二冷却ステージの温度を、再生時に、第二冷却ステージに凝縮された第二の種類の材料の三重点よりも高い値にして当該凝縮された第二の種類の材料を第二冷却ステージ上で液化させる手段と、液化した材料が溜まるようにしてクライオポンプ内に配置された液溜め器と、液溜め器に溜められた材料が気化して気体となったのをポンプ外に排出する手段とを有し、この液溜め器は、第一冷却ステージに対して熱伝達可能に接続されており、この結果、溜められた材料によって液溜め器を介して第一冷却ステージが冷却されて再生時に第一の種類の材料が第一冷却ステージから放出されないよう構成されていることを特徴とするクライオポンプ。

【請求項 6】 真空容器から飛来するガス分子を冷却ステージに凝縮して真空容器内の圧力を下げるとともに、再生時に冷却ステージを加熱して凝縮したガス分子を放出させて排出することで冷却ステージの凝縮機能を再生させるクライオポンプにおいて、

クライオポンプ内の圧力及び冷却ステージの温度を、冷却ステージに凝縮したガス分子の材料の三重点よりも高い値にして当該凝縮した材料を冷却ステージ上で液化させる手段と、液化した材料が溜まるようにしてクライオポンプ内に配置された液溜め器と、液溜め器に溜められた材料が気化して気体となったのをポンプ外に排出する手段と、再生時に液溜め器の温度を検出する温度センサと、温度センサの検出信号によって再生動作の終了を判断する判断手段とを備えたことを特徴とするクライオポンプ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本願の発明は、真空ポンプの一種であるクライオポンプに関するものであり、特に、冷却ステージの凝縮機能を再生させる再生動作に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 各種真空システムに採用されている真空ポンプには、大きく分けて移送型と溜込み型とがある。前者は油回転ポンプ等のように真空容器内のガス分子を真空容器外に移送して排気するものであり、後者は真空容器内のガス分子をポンプに溜込むことで圧力を下げるものである。クライオポンプは後者の溜込み型に属するものであり、極低温に冷却された冷却ステージに真空容器内のガス分子を凝縮又は吸着して真空容器内の圧力を

3

下げるものである。

【0003】図6は、従来のこの種のクライオポンプの構成を説明する断面概略図である。図6のクライオポンプは、真空容器に対し気密に接続されるポンプ容器1と、このポンプ容器1内に配置されてガス分子を凝縮又は吸着する第一冷却ステージ2及び第二冷却ステージ3と、第一冷却ステージ2及び第二冷却ステージ3をそれぞれ所定の温度に冷却する冷凍機4とから主に構成されている。

【0004】冷凍機4としては、通常、多段式のギフォード・マクマホン式の冷凍機（以下、GM冷凍機）が用いられる。GM冷凍機は、容器内に高圧ガスを入れた後容器に接続された低圧側バルブを開くと容器内のガスが膨張して寒冷が発生するサイモン膨張を利用した冷凍機である。GM冷凍機からなる冷凍機4は、シリンダ41と、シリンダ41内に配置されたディスプレイサー42と、ディスプレイサー42をシリンダ41内で上下動させる駆動機構43と、ディスプレイサー42の上下動に同期してシリンダ41内に高圧ガスを供給するとともにガスを排出するガス給排機構44とから主に構成されている。

【0005】また、ガス給排機構44は、高圧側配管441上に配置された高圧側バルブ442と、低圧側配管443に接続された低圧側バルブ444と、低圧側配管443から送られた低圧のガスを圧縮して高圧ガスとして送り出すコンプレッサ445とから主に構成されている。

【0006】シリンダ41は、図6に示すように、径が少し異なる二つの中空の円柱状の部材をつないだような形状である。シリンダ41内に配置されたディスプレイサー42も同様であって、シリンダ41の径の大きな部分（以下、シリンダ第一段部411）内に位置する径の大きな中空の円柱状部材であるディスプレイサー第一段部421と、シリンダ41の径の小さな部分（以下、シリンダ第二段部412）に位置する径の小さな中空の円柱状部材であるディスプレイサー第二段部422とから形成されている。

【0007】ディスプレイサー第一段部421及びディスプレイサー第二段部422の外径は、シリンダ第一段部411及びシリンダ第二段部412の内径にそれぞれ適合している。また、ディスプレイサー第二段部422の長さはシリンダ第二段部412の内部空間の長さと同様であるが、ディスプレイサー第一段部421の長さはシリンダ第一段部411の内部空間の長さよりも短くなっている。

【0008】そして、ディスプレイサー42が下方に変位すると、ディスプレイサー第一段部421の上側に所定の空間401が形成されるとともに（以下、この空間を第一室という）、ディスプレイサー第二段部422の上側にも所定の空間402が形成される（以下、この空

4

間を第二室という）。尚、ディスプレイサー42が上方に変位すると、ディスプレイサー第一段部421の下側に空間403が形成される。この空間403は、室温の高圧ガスが供給される空間なので、以下、室温空間403と呼ぶ。

【0009】また、ディスプレイサー第一段部421及びディスプレイサー第二段部422の外面とシリンダ第一段部411及びシリンダ第二段部412の外面との間には上下動のための僅かな隙間が形成されているが、この隙間にはOリングシール等のシール部材が配置されている。この結果、ディスプレイサー42の上下動を許容しつつ、第一室401と第二室402及び第一室401と室温空間403をそれぞれ隔絶するようになっている。また尚、シリンダ41のシリンダ第一段部411の側の端面には、ディスプレイサー42に接続されたピストン47を貫通させる貫通孔が中心に配置されるとともに、高圧側配管441及び低圧側配管443が接続されている。

【0010】一方、ディスプレイサー第一段部421の内部には、第一蓄冷器45が配設され、ディスプレイサー第二段部422の内部には、第二蓄冷器46が配設されている。蓄冷器45、46は、導入されたガスの膨張により発生した寒冷を蓄えるものであり、銅等でできた細かな網を多量に重ね合わせたり、鉛等の細かな粒を多量に充填したりすることで構成されている。

【0011】そして、ディスプレイサー第一段部421の内部と室温空間403、ディスプレイサー第一段部421の内部と第一室401、ディスプレイサー第二段部422の内部と第一室401、ディスプレイサー第二段部422の内部と第二室402とをそれぞれ連通させるようにしてガス通過口420が設けられている。そして、冷凍機4の負荷である第一冷却ステージ2及び第二冷却ステージ3は、シリンダ41の外面に接続されている。具体的には、シリンダ41のうちの第一室401の器壁部分に第一冷却ステージ2が接続され、第二室402の器壁部分には第二冷却ステージ3が接続されている。

【0012】この冷凍機4は、ディスプレイサー42が最も上方に位置した時点の付近で高圧側バルブ442が開き、ディスプレイサー42が最も下方に位置した時点の付近で低圧側バルブ444が開くことで、極低温を作り出すようになっている。まず、高圧側バルブ442が開くと、高圧ガスはシリンダ41の下部の室温となっている空間に充填される。そして、ディスプレイサー42が下方に変位していく過程で、この室温空間にある高圧ガスは蓄冷器45、46を通り冷却されながら上方へ移動し、シリンダ41の中腹部や上部の低温となっている空間に達する。このとき移動する高圧ガスは温度降下により体積が減少するので、新たな高圧ガスが高圧側バルブ442を通してさらに供給される。

5

【0013】そして、ディスプレイサ42が最も下方に位置した時点の付近で高圧側バルブが閉じて低圧側バルブ444が開くことにより、上記低温空間に蓄えられた高圧ガスは低圧側バルブ444を通して放出される。このとき高圧ガスは断熱膨張することになるので、寒冷が発生する。この寒冷は、第一及び第二の冷却ステージ2, 3を冷却するとともに、蓄冷器45, 46も冷却して（ガス自身は加熱される）低圧側バルブ444より排出され、ガス供給機構44に戻される。さらに、ディスプレイサ42が再び最も上方に位置する時点の付近で低圧側バルブ444が閉じて、その後高圧側バルブ442が開き、前述と同様の寒冷の発生と蓄冷を繰り返して極低温を作り出す。

【0014】尚、シリンダ第二段部412内では、シリンダ第一段部411内の第一蓄冷器45により冷却されたガスが第二蓄冷器46によりさらに冷却されて充満された状態から膨張過程に移行するので、シリンダ第二段部412内ではシリンダ第二段部411に比べてさらに低い温度の寒冷が発生する。一方、シリンダ41自体は熱伝導性の悪いステンレス等の材料で形成されており、上記シリンダ第一段部411とシリンダ第二段部412の寒冷の差が維持されるよう構成されている。この結果、第二冷却ステージ3は、第一冷却ステージ2より低い所定の冷却温度まで冷却されるようになっている。

【0015】また、図6に示すように、第一冷却ステージ2は、シリンダ41の外面に直接接するステージ本体21と、ステージ本体に接続する輻射シールド22と、輻射シールド22に接続したルーバー保持体23と、ルーバー保持体23に保持されたルーバー24とから構成されている。ステージ本体21はリング状の部材であり、シリンダ第一段部411とシリンダ第二段部412との境界部分においてシリンダ41に嵌め込むようにして接続されている。これによって、シリンダ41内でのガス膨張により発生した寒冷がステージ本体21に伝えられるようになっている。

【0016】また、輻射シールド22は、断面U字状の略円筒状の形状である。輻射シールド22の底面中央には開口が設けられ、この開口にステージ本体21を嵌め込むようにしてステージ本体21に対して良好な熱伝達状態で接続されている。輻射シールド22の目的は、内側に存在する第二冷却ステージ3等への輻射熱を遮断するとともに、第一の冷却温度でガス分子を凝縮させるルーバー24を保持することである。即ち、輻射シールド22の上側開口を塞ぐようにしてルーバー保持体23が設けられ、ルーバー保持体23に係止させるようにしてルーバー24が配設されている。

【0017】ルーバー24は、例えば所定角度傾斜した断面のリング状の部材であり、径の異なるものが同心状に複数配置されている。ルーバー24は、真空容器からのガス分子及び輻射線の進入経路を屈折させるため、図

6

6に示すようにルーバー保持体23の上下に互い違いになるように配置される場合がある。これ以外のルーバー24の構成としては、帯板状の部材を斜めの姿勢で所定間隔で並べたもの等がある。このルーバー24は、輻射シールド22を介して第一冷却ステージ2に熱的に接続され、例えば50～70K程度に冷却される。真空容器内に存在するガス分子はルーバー24の間を通過してポンプ内に達するが、このうち水蒸気等のガス分子は、ルーバー24に接触すると表面で凝縮して捕集される。

【0018】次に、第二冷却ステージ3は、シリンダ41の外面に直接接するステージ本体31と、ステージ本体31に接続されたクライオコンデンセーションパネル32及びクライオソープションパネル33とから構成されている。まず、ステージ本体31は円板状の部材であり、シリンダ第二段部412の側の端部に接触して配置されている。これによって、シリンダ第二段部412内でのガス膨張により発生した寒冷がステージ本体31に伝えられるようになっている。

【0019】クライオコンデンセーションパネル32は例えば有底円筒状の部材であり、開口を下方に向けて配置され、上側に位置する底の部分がステージ本体31に接続されている。このクライオコンデンセーションパネル32は、上記第一の冷却温度よりも低い第二の冷却温度（例えば、10～15K）でガス分子を凝縮捕集するものである。

【0020】また、クライオソープションパネル33は、上記クライオコンデンセーションパネル32の内側に配置された径の小さな例えば有底円筒状の部材である。クライオソープションパネル33は、上記第二の冷却温度でも凝縮しないガス分子を吸着によって捕集するものであり、複雑な孔構造を表面に有したチャコール（活性炭）等の部材で形成されている。吸着による捕集の場合は、凝縮と異なり、表面に分子が付着するだけで結晶が形成されず、ある時間経過すると拡散してしまう。従って、複雑な孔構造をパネル表面に形成し、拡散するガス分子をその孔の中に閉じ込めて捕集する。

【0021】尚、これらの部材を収納したポンプ容器1は、主排気管12を介して不図示の真空容器に取り付けられる。具体的には、ポンプ容器1の上端開口には容器フランジ11が設けられており、容器フランジ11を主排気管12に対して気密に接続する。また、ポンプ容器1には、再生動作の際に内部にガスを導入する再生用ガス導入管52や、再生動作や起動の際に内部を排気するための粗引排気管7が設けられている。

【0022】上記構成に係るクライオポンプは、溜込み型のポンプであり、長時間運転を行うとクライオコンデンセーションパネル32の凝縮能力等が低下するため、再生動作が必要になる。再生動作は、再生用ガス導入管52からポンプ容器1内に所定のガスを導入して各冷却ステージ2, 3を昇温させたり、あるいはヒータ等によ

ってパネルを加熱したりして、凝縮又は吸着したガス分子を再度気化させることにより行う。気化させたガス分子は、殆どが開放弁50から放出され、残りの少量が粗引排気ポンプ71で粗引排気管7から排出される。

【0023】開放弁50は、凝縮していたガスが再生時に急激に気化し、ポンプ容器1内の圧力が異常に上昇することがないように、大気圧より僅かに高い圧力（ポンプ容器1内との差圧で約0.01から0.1気圧程度）で開放するような構成となっている。ポンプ容器1内の圧力が大気圧以上になると、開放弁50が開き、ポンプ容器1内のガスを放出して大気圧程度に下げる。

【0024】

【発明が解決しようとする課題】上記構成に係るクライオポンプでは、再生動作に長時間を要することが問題となっていた。例えば、クライオコンデンセーションパネルについては、約10Kの温度から常温まで昇温させることにより、凝縮したガス分子をパネル表面から放出させて再生し、その後冷凍機を起動して再び約10Kまで冷却して起動する動作が必要になる。このため、再生及び起動に例えば4時間以上もの長時間を要する場合があった。

【0025】このような問題を解決するため、平成5年特許出願公表第509144号公報所載の発明では、凝縮したガス分子の三重点を上回るようにパネルの温度及びポンプ内の圧力を維持することでガス分子の蒸発率を高くし、これによって短時間に再生を終了するようにしている。しかしながら、ポンプ内の圧力が高くなると、ポンプ容器の器壁と輻射シールドとの間で対流ガスによる熱交換が行われるようになる。このような熱交換が生じると、第二冷却ステージの再生中に第一冷却ステージの温度が不用意に上昇し、第一冷却ステージに凝縮されていたガス分子を不必要に放出してしまう恐れがある。

【0026】これを防止するため、上記公報所載の発明では、ポンプ容器と輻射シールドとの間を真空断熱構造とし、再生中に熱交換が生じないようにしているが、このような真空断熱構造を用いることは、ポンプ全体の構造が複雑になり、高価となる欠点がある。本願発明の第一の目的は、上記課題を解決することであり、再生及び起動に要する時間の短縮化を可能にしつつも、真空断熱構造の採用を不要にすることを目的としている。

【0027】また、再生及び起動に要する時間を短縮するためには、再生終了の判断を精度良く行う必要がある。というのは、ガス分子の放出完了後も不必要に加熱を続けるとその分だけ起動完了までの時間が長くなるし、不必要な加熱によってパネルの温度が不必要に上昇すると、起動時の熱負荷が大きくなるので、その点でも起動完了までの時間が長くなってしまふからである。

【0028】ここで、上記公報の発明では、再生動作の終了をポンプ容器から流出するガス又は液体を排出する弁の温度を検出する温度センサによって判断しているの

で、終了判断の精度が悪いという問題があった。即ち、弁47からは少量のガス又は液体が少しずつ流出するので、弁47が閉鎖してガス又は液体の流出が止まることによって生ずる温度変化はそれほど大きくなく、どの時点で再生動作が終了したかどうか明確に分からない。このため、凝縮したガス分子をすべて放出した後も不必要に加熱してしまう可能性がある。本願発明の第二の目的は、係る問題を解決することであり、短時間に終了するクライオポンプの再生方法であって、再生動作の終了を精度良く判断して不必要にパネルを加熱してしまうことのない再生方法を提供することである。

【0029】

【課題を解決するための手段】上述した第一の目的を達成するため、本願の請求項1記載の発明は、真空容器から飛来するガス分子を冷却ステージに凝縮又は吸着して真空容器内の圧力を下げるとともに、再生時に冷却ステージを加熱して凝縮又は吸着したガス分子を放出させて排出するクライオポンプのその再生方法であって、第一の冷却温度まで冷却されて当該第一の冷却温度で凝縮する第一の種類の材料のガス分子を排気するための第一冷却ステージと、第一の冷却温度より低い第二の冷却温度まで冷却されて当該第二の冷却温度で凝縮する第二の種類の材料のガス分子を排気するための第二冷却ステージと、吸着によってガス分子を排気するクライオソープションパネルとを有するクライオポンプの当該第二冷却ステージの凝縮機能を再生するクライオポンプの再生方法において、クライオポンプ内の圧力及び第二冷却ステージの温度を、第二冷却ステージに凝縮された第二の種類の材料の三重点よりも高い値にして当該凝縮された第二の種類の材料を第二冷却ステージ上で液化させ、第一冷却ステージに熱伝達可能に接続された液溜め器に上記液化した材料を溜め、溜められた材料が液溜め器を介して第一冷却ステージを冷却することで再生時に第一の種類の材料が第一冷却ステージから放出されないようにするという構成を有する。また、上記第一の目的を達成するため、請求項2記載の発明は、上記請求項1の構成において、第一の種類の材料は水であるという構成を有する。また、同様に第一の目的を達成するため、請求項3記載の発明は、上記請求項1又は2の構成において、液溜め器は、第二冷却ステージを輻射熱から隔絶する輻射シールドであるという構成を有する。また上記第二の目的の達成のため、請求項4記載の発明は、真空容器から飛来するガス分子を冷却ステージに凝縮して真空容器内の圧力を下げるとともに、再生時に冷却ステージを加熱して凝縮したガス分子を放出させて排出することで冷却ステージの凝縮機能を再生させるクライオポンプのその再生方法において、クライオポンプ内の圧力及び冷却ステージの温度を、冷却ステージに凝縮したガス分子の材料の三重点よりも高い値にすることで、当該凝縮した材料を冷却ステージ上で液化させ、液化した材料が溜まる

ように配置した液溜め器の温度変化を検出し、その検出結果によって再生動作を終了させるという構成を有する。また、上記第一の目的を達成するため、請求項5記載の発明は、真空容器から飛来するガス分子を冷却ステージに凝縮又は吸着して真空容器内の圧力を下げるとともに、再生時に冷却ステージを加熱して凝縮又は吸着した材料を放出させて排出するクライオポンプであって、第一の冷却温度まで冷却されて当該第一の冷却温度で凝縮する第一の種類の材料のガス分子を排気する第一冷却ステージと、第一の冷却温度より低い第二の冷却温度まで冷却されて当該第二の冷却温度で凝縮する第二の種類の材料のガス分子を排気する第二冷却ステージと、吸着によってガス分子を排気するクライオソーブションパネルとを有するクライオポンプにおいて、クライオポンプ内の圧力及び第二冷却ステージの温度を、再生時に、第二冷却ステージに凝縮された第二の種類の材料の三重点よりも高い値にして当該凝縮された第二の種類の材料を第二冷却ステージ上で液化させる手段と、液化した材料が溜まるようにしてクライオポンプ内に配置された液溜め器とを有し、この液溜め器は、第一冷却ステージに対して熱伝達可能に接続されており、この結果、溜められた材料によって液溜め器を介して第一冷却ステージが冷却されて再生時に第一の種類の材料が第一冷却ステージから放出されないよう構成されている。さらに、上記第二の目的の達成のため、請求項6記載の発明は、真空容器から飛来するガス分子を冷却ステージに凝縮して真空容器内の圧力を下げるとともに、再生時に冷却ステージを加熱して凝縮したガス分子を放出させて排出することで冷却ステージの凝縮機能を再生させるクライオポンプにおいて、クライオポンプ内の圧力及び冷却ステージの温度を、冷却ステージに凝縮したガス分子の材料の三重点よりも高い値にして当該凝縮した材料を冷却ステージ上で液化させる手段と、液化した材料が溜まるようにしてクライオポンプ内に配置された液溜め器と、再生時に液溜め器の温度を検出する温度センサと、温度センサの検出信号によって再生動作の終了を判断する判断手段とを備えたという構成を有する。

【0030】尚、上記請求項1乃至6記載の各発明は、「産業上の利用分野が同一」であるとともに、「凝縮した材料を冷却ステージ上で液化させ、液化した材料が溜まるように配置した液溜め器」を有するという点で、「発明の構成に欠くことのできない事項の主要部が同一」である。

【0031】

【発明の実施の形態】以下、本願発明の実施の形態を説明する。図1は、本願発明の実施形態のクライオポンプをその周辺部分の構成とともに示した概略図である。図1に示すクライオポンプは、図6に示す従来のものと同様、真空容器に対し気密に接続されるポンプ容器1と、真空容器から飛来するガス分子を凝縮するようにしてポ

ンプ容器1内に配置された第一冷却ステージ2及び第二冷却ステージ3と、第一冷却ステージ2及び第二冷却ステージ3をそれぞれ所定の温度に冷却する冷凍機4とを有している。

【0032】そして、さらに、図1のクライオポンプは、第二冷却ステージ3で凝縮した材料を当該第二冷却ステージ3上で液化させるため、クライオポンプ内の圧力を当該凝縮した材料の三重点圧力よりも高い圧力にする昇圧手段を有しており、また、液化した材料が溜まるようクライオポンプ内に配置された液溜め器と、再生時に液溜め器の温度を検出する温度センサ25と、ポンプ全体の動作を制御する制御部8とを備えている。また、温度センサ25の検出信号によって再生動作の終了を判断する判断手段は、制御部8内に設けられている。

【0033】まず、冷凍機4としては、図6の従来のものと同様のGM冷凍機が使用されている。従って、その構成や動作についての詳しい説明は省略する。また、第一冷却ステージ2は、シリンダ41の外面に直接接するステージ本体21と、ステージ本体21に接続する輻射シールド22と、輻射シールド22に接続したルーバー保持体23と、ルーバー保持体23に保持されたルーバー24と、第一冷却ステージ2の温度を検出するためにステージ本体21に接続された温度センサ25とから構成されている。尚、この温度センサ25は、特許請求の範囲にいう「再生時に液溜め器の温度を検出する温度センサ」にも該当する。第二冷却ステージ3は、シリンダ41の外面に直接接するステージ本体31と、ステージ本体31に接続されたクライオコンデンセーションパネル32及びクライオソーブションパネル33と、第二冷却ステージ3の温度を検出するためにステージ本体31に接続された温度センサ34とから構成されている。

【0034】第一冷却ステージ2の輻射シールド22は、断面U字状の有底ばね円筒状の形状である点、上側開口に接続したルーバー保持体23を介してルーバー24を保持している点等では、前述した図6の場合と同様である。本実施形態の輻射シールド22が図6のものと大きく異なるのは、液溜め器を構成していることである。即ち、実施形態のクライオポンプの再生方法では、第二冷却ステージ3のクライオコンデンセーションパネル32上で、凝縮したガスを液化するようにする。この液化したガスが、輻射シールド22の底面に溜まるように構成されているのである。

【0035】具体的には、再生用ガス導入管52を挿入させるために輻射シールド22に形成されたガス導入口221の周りに、円筒状のガス漏出防止管222を上方に突出して設けている。また、輻射シールド22には、温度センサ25、34のための配線を通させる配線用開口が形成されているが、この配線用開口も、封止部材223で封止されている。

【0036】また、再生時に液溜め器の温度を検出する

11

温度センサ25や第二冷却ステージ3の温度を検出する温度センサ34は、ステージ本体21、31の裏面に熱電対を接触して設けることなどで構成されている。温度センサ25、34の検出信号は、制御部8内に設けられた判断手段に送られるようになっている。尚、輻射シールド22の材質は銅等であり、厚さは1~2mm程度である。

【0037】一方、第二冷却ステージ3のクライオコンデンセーションパネル32及びクライオソープションパネル33は、図6のものとほぼ同様である。前記昇圧手段は、ポンプ容器1と真空容器とをつなぐ主排気管12に設けられた主バルブ51と、輻射シールド22のガス導入口221に挿入した再生用ガス導入管52と、再生用ガス導入管52に再生用ガスを供給するガス供給系53とから主に構成されている。

【0038】この昇圧手段は、主バルブ51を閉じてポンプ容器1内を真空容器から隔離した空間とし、ガス供給系53を作動させて再生用ガス導入管52を通して輻射シールド22内に再生用ガスを導入するようにする。同時に、後述するように第二冷却ステージ3を加熱し、

圧力及び温度ともに三重点を越えるようにして凝縮材料を液化させる。尚、再生用ガスは、後述する再生動作の終了まで一定流量で終始導入される。

【0039】また尚、ポンプ容器1には、従来と同様、ポンプ容器1内が異常に高圧になるのを防止する開放弁50やクライオポンプの起動前にポンプ容器1内を排気する粗引排気管7が設けられている。粗引排気管7には、ロータリーポンプ等の粗引排気ポンプ71を備えた粗引排気系70が接続されており、粗引排気系70には粗引バルブ72が設けられている。また、ポンプ容器1には温度センサ25、34の配線が通過するための開口が設けられているが、この開口は気密な導入端子13によって塞がれている。

【0040】また、冷凍機4は、再生動作の際に動作する加熱手段481を具備している。本実施形態のクライオポンプにおける加熱手段481は、例えば国際公開番号WO93/10407号の出願に開示されているのと同様のものであり、駆動機構44を構成する不図示のモータの回転に対してガス導入のタイミングを制御することで加熱を行う構成が採用されている。これ以外の加熱手段481の構成としては、例えば第一冷却ステージ2のステージ本体21と第二冷却ステージ3のステージ本体31のそれぞれの表面に接触させてヒータを付設して加熱する構成等が考えられる。

【0041】尚、本実施形態のクライオポンプには、ポンプ容器1内の圧力を測定する真空計が必要に応じて設けられる場合がある。真空計は、再生終了後の起動動作を行う際にポンプ容器1内の圧力検出用として使用されると好適である。また、再生動作の際にもポンプ容器1内の圧力コントロール用として用いても良い。

12

【0042】次に、上記構成に係る本実施形態のクライオポンプの作用について、実施形態のクライオポンプの再生方法の説明を兼ねて以下に述べる。まず、冷却動作は、前述した従来の場合とほぼ同様である。即ち、冷凍機4を動作させ、第一冷却ステージ2と第二冷却ステージ3に寒冷を発生させる。前述と同様、第一冷却ステージ2の温度即ち第一の冷却温度は50~70K程度であり、第二冷却ステージ3の温度即ち第二の冷却温度は10~15K程度である。第一の冷却温度で凝縮捕集されるガス分子は水や二酸化炭素であるが、後述するクライオソープションパネル33の目詰まりを防止する意味から、水の凝縮捕集が重要である。また、第二の冷却温度で凝縮捕集されるガス分子は、窒素、酸素、アルゴン等である。さらに、クライオソープションパネル33で吸着捕集される主なガス分子は、水素等である。

【0043】次に、再生動作について説明する。再生動作を行う場合には、ポンプ容器1と真空容器とをつなぐ主排気管12上の主バルブ51を閉じるとともに、上記冷凍機4の稼働を停止させる。そして、加熱手段481を動作させて第一冷却ステージ2及び第二冷却ステージ3を加熱する。これと並行して、ガス供給系53を動作させて再生用ガスを輻射シールド22内に導入する。導入するガスは、例えば窒素などの化学的に安定なガスである。ガス導入によってポンプ容器1内の圧力は徐々に上昇する。

【0044】本実施形態の再生方法の特徴点の一つは、ポンプ容器1内の圧力を、「冷却ステージに凝縮した材料の三重点圧力よりも高い圧力」とするとともに、第二冷却ステージ3の温度を凝縮材料の三重点温度よりも高い温度にすることである。以下、クライオコンデンセーションパネル32上にアルゴンが凝縮されている場合を例にとって、この構成をさらに詳しく説明する。

【0045】図2は、アルゴンの三重点を説明する状態図である。図2に示すように、アルゴンの三重点は516 Torr 87 Kであり、516 Torr以上の圧力且つ87 K以上の温度では、凝縮したアルゴンは液相を経てから気相に変化する。本実施形態では、前記昇圧手段によって、ポンプ容器1内の圧力を516 Torrよりも高い所定の圧力にするとともに、加熱手段481によって87 Kよりも高い温度に加熱する。具体的には、開放弁50が大気圧より0.01~0.1気圧以上の圧力になると開放されるよう構成されており、三重点圧力よりも高い所定の圧力は、大気圧より僅かに高い圧力に設定されている。また、開放弁50はポンプ容器1内の異常な圧力上昇を未然に防止する作用も有する。

【0046】このようにポンプ容器1内の圧力が三重点圧力よりも高くなるとともに、加熱手段481によってクライオコンデンセーションパネル32の温度が三重点温度(アルゴンの場合87 K)より高くなると、当該クライオコンデンセーションパネル32上では、凝縮して

いたアルゴンが融解して液化する。液化したアルゴンは、クライオコンデンセーションパネル32から落下し、液溜め器を兼ねる輻射シールド22の底面に溜まる。

【0047】加熱手段481は第一冷却ステージ2も加熱しているから、輻射シールド22の底面に溜まった液化アルゴンは徐々に加熱され、次第に気化する。そして、クライオコンデンセーションパネル32に凝縮していたアルゴンがすべて液化し（昇華する分子も一部ある）、輻射シールド22に溜まった液化アルゴンがすべて気化すると、再生動作の終了である。また尚、クライオソープションパネル33に吸着されていたすべての種類の材料（例えば水素等）も、上記加熱によって殆ど放出される。

【0048】本実施形態の再生動作の大きな特徴の一つは、上記終了の時点の判断を輻射シールド22の温度変化によって行う点である。即ち、輻射シールド22に溜められた液化アルゴンが気化する過程では、アルゴンは輻射シールド22から気化熱を奪う。従って、加熱手段481により加熱されているにもかかわらず昇温せず、アルゴンの沸点付近の温度となっている。しかしながら、アルゴンがすべて気化してしまうと、気化熱を奪われることがなくなるので、加熱手段481による加熱によって昇温が始まる。本実施形態の再生方法は、輻射シールド22に設けられた温度センサ25によってこの昇温を検出し、この検出の時点を生動作の終了とするのである。例えば、アルゴンの標準沸点は87Kであるので、例えば100Kを目安とし、検出温度が100K以上となったところで、再生動作の終了を判断するのである。具体的には、制御部8内に設けられた判断手段が、100K等の設定温度と温度センサ25の検出温度とを比較する比較器等から構成される。

【0049】再生動作の終了が判断されると、クライオポンプは直ちに起動動作に移る。まず、制御部8は加熱手段481に信号を送って加熱を中止するとともに、粗引排気系70に設けられた粗引バルブ72を開いてポンプ容器1内の排気を行う。ポンプ容器1内の圧力が20Pa程度に達すると、粗引バルブ72を閉じて排気を停止する。並行して冷凍機4が動作を再開し、前述の如く第一冷却ステージ2及び第二冷却ステージ3をそれぞれ所定の温度まで冷却する。これによって、起動動作が終了する。

【0050】上記再生起動の動作を、各冷却ステージ2、3の実際の温度変化等に即してさらに具体的に説明する。図3は、再生起動の動作時の第一冷却ステージ2及び第二冷却ステージ3それぞれの温度変化とポンプ容器1内の圧力変化を示したものである。まず、バルブ55を開いて窒素等の再生用ガスを導入するとともに冷凍機4の加熱が始まると、第一冷却ステージ2及び第二冷却ステージ3の温度が図3のように上昇する。尚、加熱

手段481による加熱量が第二冷却ステージ2に比べ第一冷却ステージ2の方が大きいことや、第二冷却ステージ3には多量のアルゴン等が凝縮していて昇温に相当量のエネルギーを要することから、加熱後の温度上昇は、第一冷却ステージ2より第二冷却ステージ3の方が低い。そして、ポンプ容器1内の圧力は徐々に上昇して大気圧より0.1~0.01気圧程度高くなったところで開放弁50が開き、この圧力が保持される。

【0051】第二冷却ステージ3の温度及びポンプ容器1内の圧力が、ともにアルゴンの三重点（87K、516 Torr）を越えると、クライオコンデンセーションパネル32上でアルゴンが液化する。この液化の際、潜熱が生じて第二冷却ステージ3の温度は一時的に低下する。アルゴンの液化は比較的短時間に終了し、第二冷却ステージ3の温度は図3に示すようにその後次第に上昇していく。

【0052】一方、液化したアルゴンが輻射シールド22に落下して溜まると、液化アルゴンの温度は87K程度であって第一冷却ステージ2の温度より低いため、液化アルゴンによって第一冷却ステージ2が冷却される。この結果、図3に示すように第一冷却ステージ2の温度が急激に低下する。その後も加熱手段481によって輻射シールド22に熱が加えられるため、輻射シールド22内でアルゴンが気化し、前述のように気化熱によって第一冷却ステージ2の温度はほぼ一定に維持される。

【0053】そして、全ての液化アルゴンが気化すると、第一冷却ステージ2の温度は再び上昇し、例えば100K以上となった時点が再生終了である。再生が終了すると、前述の通り直ちに起動動作に移る。即ち、加熱手段481による加熱が停止されるとともに粗引バルブ72が開いて粗引排気ポンプ71による排気が行われ、また並行して冷凍機4が動作を再開する。この結果、図3に示すように、第一冷却ステージ2及び第二冷却ステージ3の温度が低下するとともに、ポンプ容器1内の圧力が低下する。

【0054】上記再生及び起動の動作において、起動終了時点例えば第二冷却ステージ3の温度が20K程度まで冷却された時点とすると、再生開始から起動終了まで時間は、45分程度である。従来のクライオポンプでは2~4時間程度要していたことを考えると、かなりの時間短縮が図られている。

【0055】次に、上記実施形態の再生方法の別の特徴点である第一冷却ステージ2の温度について説明する。本実施形態の再生方法の特徴点の一つは、クライオポンプの通常の再生動作において、第一冷却ステージ2の温度を所定の温度以下に維持し、第二冷却ステージ3の再生のみを行うようにする点である。即ち、クライオコンデンセーションパネル32やクライオソープションパネル33の再生のみを行い、ルーバー24については再生を行わないようにする。

【0056】これは次のような事情に基づく。即ち、冷却温度が第二冷却ステージ3より高い第一冷却ステージ2で凝縮捕集されるガス分子は、水や二酸化炭素等である。これらのガス分子は、ロータリーポンプや拡散ポンプ等の第一段のポンプで大半が排気され、クライオポンプが排気するのは残留した僅かな量である。一方、第二の冷却温度で凝縮又は吸着するアルゴン等は、スパッタ装置等の真空処理装置では処理用ガスとして導入されるものであり、クライオポンプが排気すべき量は水や二酸化炭素等に比べると非常に多い。従って、第二冷却ステージ3の再生は第一冷却ステージ2に比べて頻繁に行う必要がある。

【0057】ここで、第二冷却ステージ3の再生において第一冷却ステージ2を例えば200K以上に昇温してしまうと、第一冷却ステージ2のルーバー24から一部の水が蒸発（又は昇華）して放出されてしまう。一方、再生中、クライオソープションパネル33は、水素等を吸着する寒冷はないものの、水を吸着捕集する能力は残している。従って、上記のようにルーバー24から水が放出されると、放出された水の分子はクライオソープションパネル33に吸着されてその孔を塞いでしまう。この状態で再生を終了しクライオポンプを起動してしまうと、クライオソープションパネル33の孔が水分子で塞がれてしまうため、クライオソープションパネル33の機能が十分に発揮できず、従って水素やヘリウムに対する排気能力が低下してしまう。

【0058】そこで本実施形態の再生方法では、第二冷却ステージ3の再生中でも第一冷却ステージ2が所定の温度に維持されるように冷却し、水等の凝縮物が再放出されないようにすることが重要である。そして、この第一冷却ステージ2の冷却を、第二冷却ステージ3上で融解したアルゴン等の液化材料によって行うのである。例えば液化アルゴンの温度は84～89K程度であり、従ってルーバー24の温度もこれに近い値となる。水の蒸気圧は160K以下の温度では10⁻⁴Pa以下であり、ルーバー24が160K程度以下であれば、クライオソープションパネル33の排気性能に影響を与えるほどの水蒸気はポンプ容器1内に放出されない。このため、再生後のクライオソープションパネル33の性能は充分なものとなるのである。

【0059】上述した本実施形態のクライオポンプ及びクライオポンプの再生方法では、液溜め器の温度変化を検出して再生動作の終了を判断しているので、終了判断の精度が向上し、不必要な再生動作の延長を未然に防止することができる。また、放射シールド22が液溜め器を兼用しているのでポンプの構造が簡略化される他、再生中に液化した材料により第一冷却ステージ2全体が冷却される。このため、従来の前掲の公報の発明のように放射シールド22とポンプ容器1との間の空間を真空断熱構造にする必要もなく、さらに構造が簡略化される。

【0060】次に、本願発明のクライオポンプの他の実施形態について説明する。図4及び図5は、本願発明のクライオポンプの他の実施形態の構成をそれぞれ説明した断面概略図である。図4は、図1の実施形態とは上下を逆にして設置するクライオポンプの実施形態の図であり、図5は、横向きにして設置するクライオポンプの実施形態の図である。

【0061】まず、図4に示す実施形態のクライオポンプでは、クライオコンデンセーションパネル32とその下方に位置するルーバー24との間に、液溜め器6を設けている。液溜め器6は、図4に示すような断面の丸い皿状の部材であり、その周縁を放射シールド22の内側面に接続することで取り付けられている。尚、液溜め器6は、ルーバー24を完全に覆ってしまうと、ルーバー24を通過したアルゴン等の第二の材料が第二冷却ステージ3に達しなくなってしまうので、周辺のつば部の部分に開口60を有しており、この開口60を通してアルゴン等が第二冷却ステージ3に達するよう構成されている。

【0062】この図4の実施形態においても、上記実施形態と同様、再生時にクライオコンデンセーションパネル32上で凝縮材料が液化し、それが下方の液溜め器6に溜まる。そして液溜め器6の温度変化を温度センサ25が検出することで、再生終了の判断が行われる。上記以外の構成及び作用については、図1～図3に示す実施形態とほぼ同様なので、説明を省略する。また、クライオポンプの周辺部分の構成については、図示を省略する。

【0063】また、図5に示す実施形態のクライオポンプでは、図1の実施形態のクライオポンプにおける放射シールド22の内側面部分に液化材料が溜まるように構成している。従って、この実施形態も、放射シールド22が液溜め器を兼ねた例であるといえる。但し、ルーバー24の部分を通して液化材料が漏れ出てしまうのを防止するため、図5に示すように、液止め板61が設けられている。液止め板61は、放射シールド22の内側面から内側に立てて設けられている。この実施形態においても、放射シールド22には温度センサ25が設けられ、放射シールド22の温度変化を検出することで再生動作の終了が判断される。その他の構成及び作用は図1から図3に示すものとほぼ同様なので、説明を省略する。また図4と同様に、周辺部分の図示も省略する。

【0064】以上説明した各実施形態のクライオポンプにおいて、冷凍機4の第一第二の二つの冷却ステージ2, 3を有する二段式のものであったが、請求項1の再生方法の実施に際しては、冷却ステージが一つである一段式のものであってもよい。また、すべての請求項の発明について、冷凍機4は三段以上の複数段のものであってもよい。また、クライオソープションパネル33は、コンデンセーションパネル32とともに第二冷却ステ

ージ3に接続されていたが、他の冷却ステージに接続してもよい。特に、クライオコンデンセーションパネル32の冷却温度と異なる温度にクライオソープションパネル33を冷却する必要がある場合、専用の冷却ステージに接続すると好適である。さらに、冷凍機4としては、前述したGM冷凍機その他、J T (ジュール・トムソン)方式の冷凍機やスターリング方式の冷凍機等を使用しても良い。

【0065】

【発明の効果】以上説明したように、本願の請求項1のクライオポンプの再生方法又は請求項5のクライオポンプによれば、第二冷却ステージ上で液化した材料によって液溜め器を介して第一冷却ステージが冷却されるので、輻射シールドとポンプ容器との間の空間を真空断熱構造にする必要がない。このため、ポンプ全体の構造が簡略化され、従来に比べ安価にポンプを製作できる。また、請求項2の再生方法によれば、上記請求項1の効果に加え、第二冷却ステージの再生中に第一冷却ステージから水が放出されないで、クライオソープションパネルに水が吸着して排気機能を損ねる問題が未然に防止される。また、請求項3の再生方法によれば、上記請求項1又は2の効果に加え、輻射シールドを液溜め器が兼ねているので、ポンプ全体の構造をさらに簡略化することが可能である。また、請求項4のクライオポンプの再生方法又は請求項6のクライオポンプによれば、液溜め器の温度変化を検出して再生終了を判断するので、終了判断の精度が高まり、再生動作を不必要に延長してしまうことがなくなる。このため、再生動作が必要最小限の時間で終了する他、起動に要する時間も短時間で済む。

【図面の簡単な説明】

【図1】本願発明の実施形態のクライオポンプをその周辺部分の構成とともに示した概略図である。

【図2】アルゴンの三重点を説明する状態図である。

【図3】再生起動の動作時の第一冷却ステージ及び第二冷却ステージそれぞれの温度変化とポンプ容器内の圧力変化を示したものである。

【図4】本願発明のクライオポンプの他の実施形態の構成を説明した断面概略図であって、図1の実施形態とは上下を逆にして設置するクライオポンプの実施形態の図である。

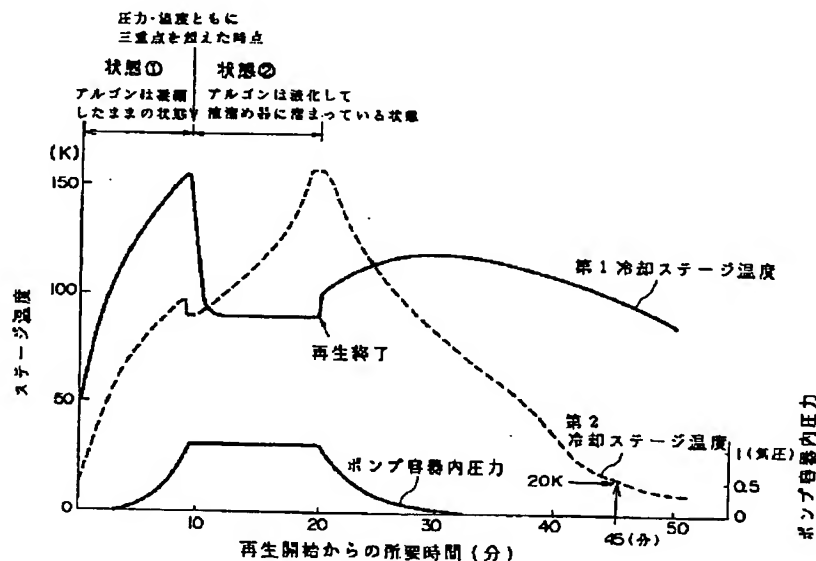
【図5】本願発明のクライオポンプの他の実施形態の構成を説明した断面概略図であって、横向きにして設置するクライオポンプの実施形態の図である。

【図6】従来のクライオポンプの構成を説明する断面概略図である。

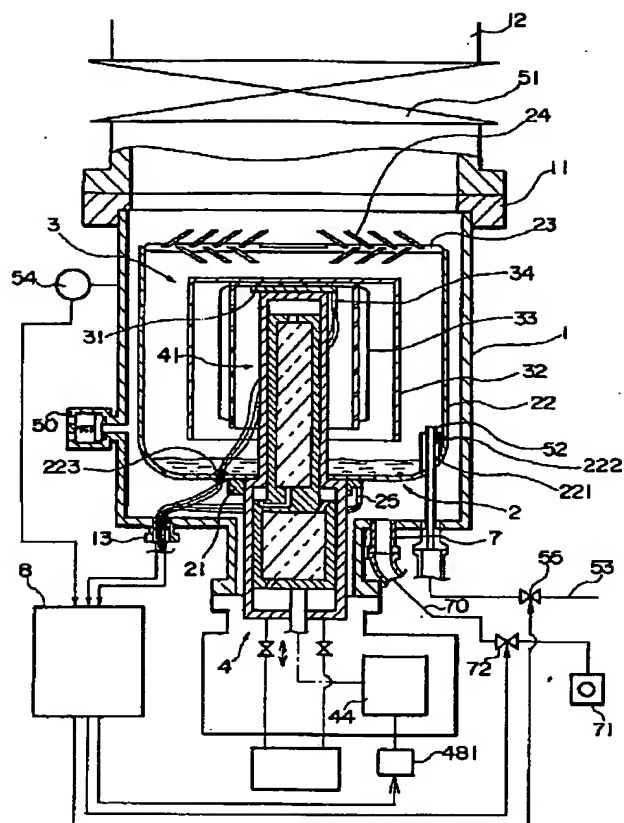
【符号の説明】

- 1 ポンプ容器
- 2 第一冷却ステージ
- 2 2 輻射シールド
- 2 4 ルーバー
- 3 第二冷却ステージ
- 3 2 クライオコンデンセーションパネル
- 3 3 クライオソープションパネル
- 4 冷凍機
- 6 液溜め器
- 7 0 粗引排気系
- 8 制御部

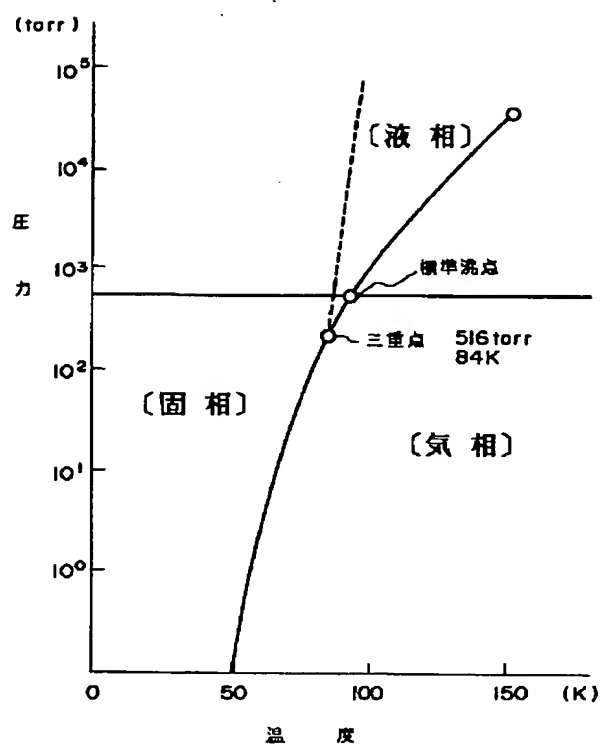
【図3】



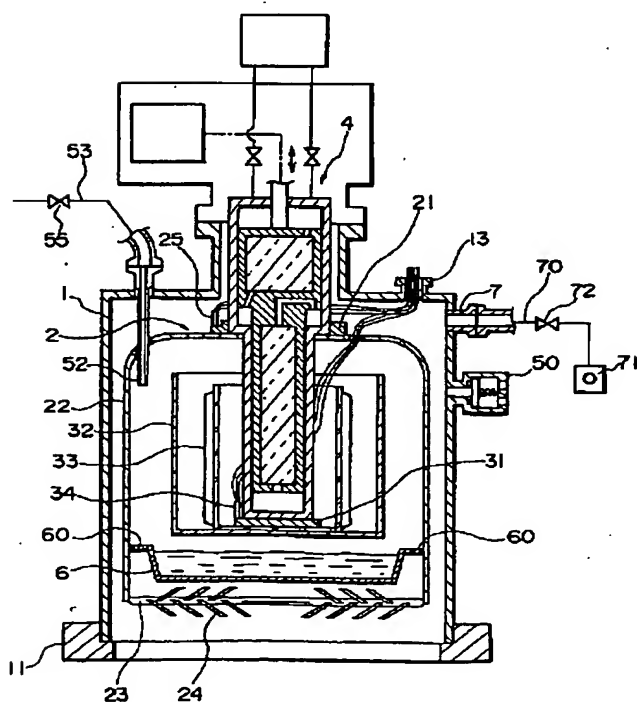
【図1】



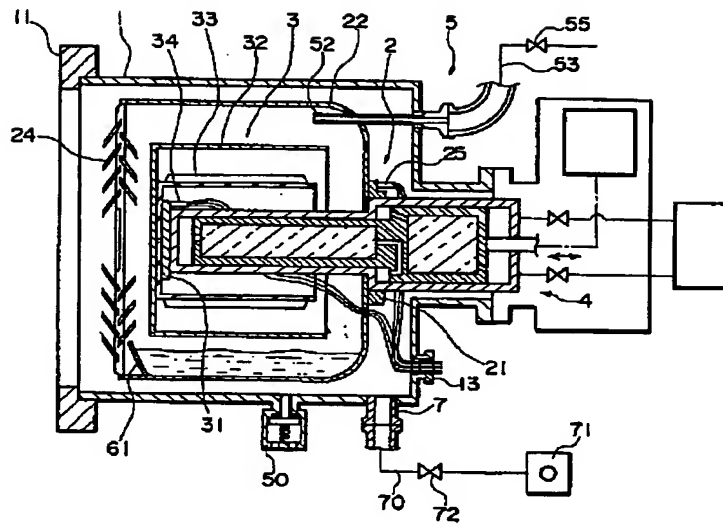
【図2】



【図4】



【図5】



【図6】

